Mesure en service de l'intensité sonore de ventilateurs résidentiels

J.D. Quirt
Chef, section de l'acoustique
Conseil national de recherches du Canada
Date du rapport : 18 février 1991

RAPPORT PRÉSENTÉ
au

Don Fugler
Bureau national de la SCHL
Division de la recherche

1. Introduction

La CSA a mis au point une norme visant la mise à l'essai en laboratoire de ventilateurs résidentiels en vue d'établir leur débit d'air et leur indice d'émission acoustique. Une étude a été menée afin d'évaluer ces méthodes d'essai en laboratoire et de déterminer le lien entre les indices obtenus en laboratoire et ceux mesurés en service. L'étude a été commandée par un consortium de parties intéressées formé de la Division de la recherche de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), client des travaux faisant l'objet de ce rapport, ainsi que Ontario Hydro.

La première étape de l'étude consistait à tester en laboratoire 11 ventilateurs dans le but de coter tant leur débit d'air que leur niveau de puissance acoustique conformément à la version provisoire de la norme CSA C260. Les résultats sont consignés dans le rapport CR5899.1.

Pour la seconde étape, on a procédé à l'essai en service des mêmes appareils. Les cinq ventilateurs d'extraction pour plafond de salle de bains et les cinq hottes de cuisinière devaient être livrés à un entrepreneur d'Ottawa qui allait les installer dans des maisons neuves. Cependant, à cause du peu d'entrepreneurs prêts à collaborer et du ralentissement des mises en chantier, l'essai en service n'a pu porter que sur six ventilateurs.

Ce rapport porte et sur le débit d'air et sur l'intensité sonore des appareils. Les essais de débit sont abordés brièvement en raison de leur simplicité. Les essais acoustiques visaient non seulement à comparer la puissance acoustique obtenue en laboratoire avec les données en service, mais aussi à déterminer le lien existant entre la puissance acoustique et les niveaux de pression acoustique s'ensuivant dans les pièces. C'est le niveau de pression acoustique in situ qui caractérise la nuisance à laquelle est confronté l'occupant.

Le corps du rapport présente une vue d'ensemble du travail accompli et un exposé des questions d'importance. Le présent document se divise en cinq parties :

Partie 2 : détails d'installation et méthodes de mesure;
Partie 3 : résultats des mesures de débit d'air;
Partie 4 : résultats de la puissance acoustique;
Partie 5 : résultats du niveau de pression acoustique;
Partie 6 : sommaire.

Le sommaire est suivi des annexes qui résument, sous forme de tableaux, les données obtenues pour chaque ventilateur.

2. Contexte d'installation

Les ventilateurs ont été installés dans les cuisines et les salles de bains de maisons neuves jumelées à deux étages construites par les Maisons Enertek à Gatineau, au Québec. Tous les ventilateurs se distinguaient par des numéros apposés lors de la première phase de l'essai, c'est-à-dire les mesures du débit d'air effectuées en laboratoire par la firme ORTECH International.

La salle de bains principale de chacune de ces maisons est située au deuxième étage. Au rez-de-chaussée, on trouve la cuisine et une salle de toilette. La Figure 1 illustre les différents plans d'étage. On y a indiqué les endroits où les ventilateurs à l'essai ont été installés. Le Tableau 1 expose les détails d'installation des ventilateurs.

Tableau 1 : Endroits où les ventilateurs testés conformément à la norme CSA C260 ont été installés en vue de l'essai en service, et débit d'air mesuré au moment des essais en service.

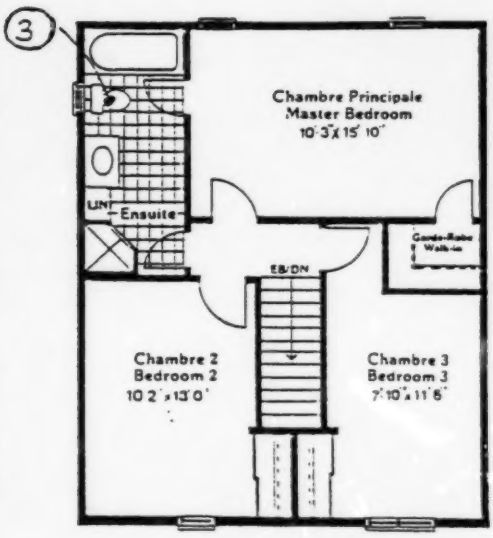
Ventilateur	Élévation (m)	Parcours (m)	Type de conduit	Débit d'air (L/s)
Salle de toilette n° 1 (rez-de-chaussée)	-2,4	2,5	angles flexibles tuyaux galvanisés	28
Salle de bains n° 5 (2e étage)	-5,0	0,5	conduit flexible de 100 mm menant au sous-sol conduit horizontal galvanisé	32
Salle de bains n° 3 (2e étage)	0	2,0	conduit flexible de 100 mm	28
Cuisine n° 3	0,5	4,0	conduit flexible de 150 mm	42
Cuisine n° 5	-1,8	4,4	conduit de 85 mm X 250 mm menant au plancher conduit horizontal galvanisé de 125 mm	78
Cuisine n° 4	-1,8	4,4	(tout comme la cuisine n° 5)	63

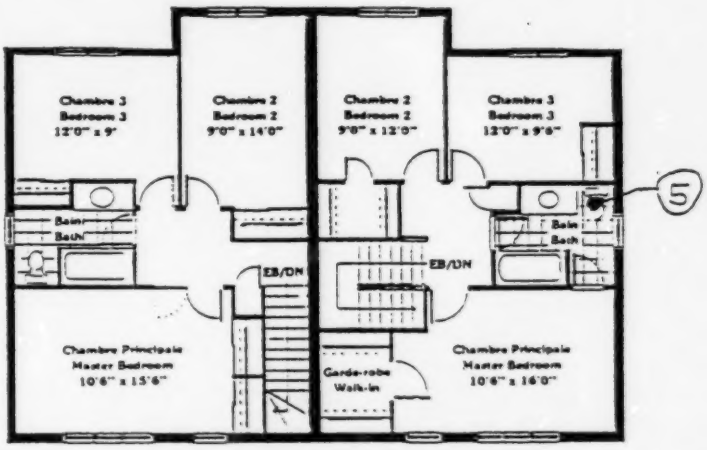
La construction était pratiquement achevée dans les pièces servant aux essais; il ne restait, dans certains cas, qu'à poser le carrelage de revêtement de sol. Aucun des planchers des cuisines ou des salles de bain n'était recouvert de moquette. Les pièces étaient nues et le son s'y répercutait particulièrement bien. Toutes les portes étaient fermées au moment des essais. Le fait de fermer la porte des salles de bains définissait bien les pièces. Les cuisines, toutefois, communiquaient avec les pièces contiguës, ce qui a influé sur les mesures des niveaux de pression acoustique, comme nous l'expliquons plus loin.

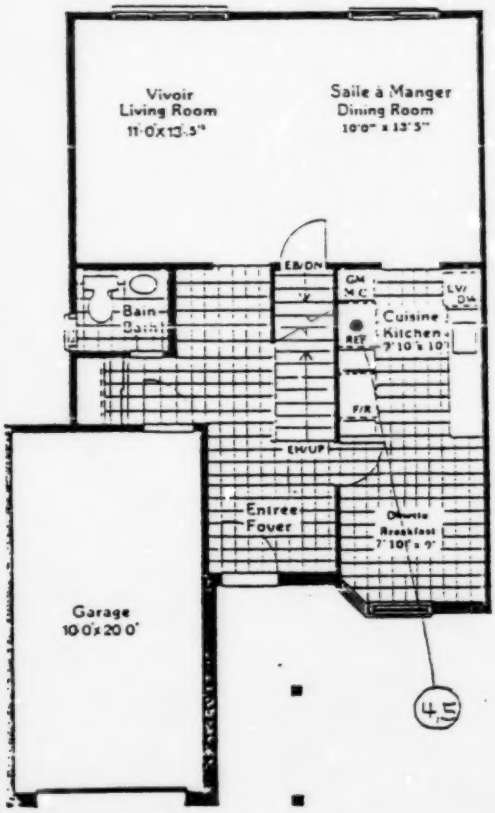
Pour la mesure du niveau de pression acoustique et du temps de réverbération, deux panneaux en matériau absorbant (environ 2 unités métriques Sabine) ont été ajoutés afin d'amener l'absorption acoustique à un niveau s'apparentant à

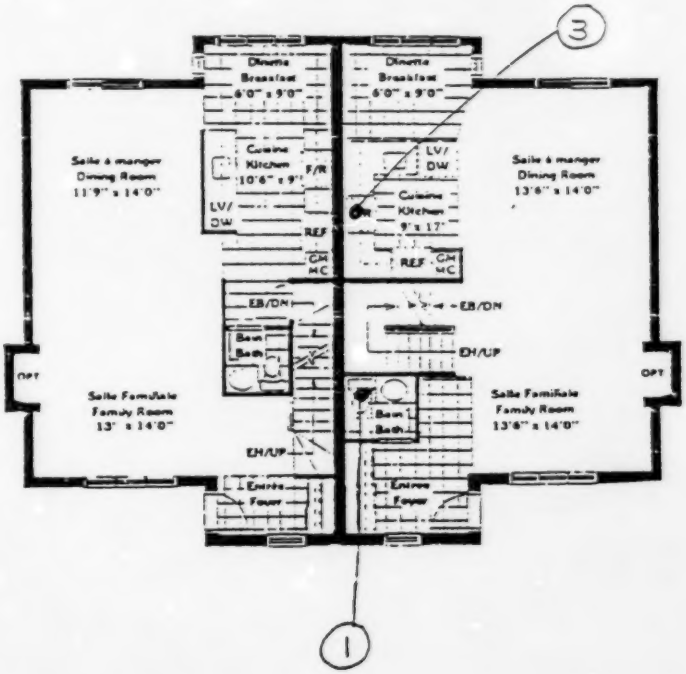
celui d'une pièce normalement meublée. Cinq panneaux absorbants ont été installés pour effectuer les mesures d'intensité acoustique, comme en font état les pages suivantes.

Plans d'étage









2.2 Mesure du débit d'air

Le débit d'air d'extraction a été mesuré par Don Fugler, de la SCHL, au moyen d'un appareil d'essai mis au point par cet organisme en 1988 et décrit dans un rapport de la Division de la recherche de la SCHL intitulé «Duct Test Rig» (appareil d'essai des conduits). Cet appareil portatif mesure le débit d'air en se fondant sur la baisse de pression détectée par une série d'orifices calibrés. Il est muni d'un ventilateur interne qui reproduit le débit d'air d'extraction pour ainsi réduire au minimum l'effet de l'appareil d'essai sur la gaine d'aspiration du ventilateur d'extraction. Les débits concordent lorsque la pression statique est neutre dans l'espace clos situé entre les orifices et le ventilateur à tester.

Dans le cas des ventilateurs de salle de bains, l'appareil d'essai a simplement été maintenu contre le plafond, un joint d'étanchéité en mousse intercalé entre l'appareil et la surface du plafond tout autour de la grille du ventilateur. Quant aux hottes de cuisinière, une feuille de polyéthylène a été fixée au ventilateur à une extrémité, et au boîtier de l'appareil d'essai à l'autre extrémité. Curieusement, la feuille de plastique a permis de contrôler visuellement le fonctionnement de l'instrument d'essai puisqu'elle se relâchait visiblement lorsque la pression devenait nulle.

Rappelons qu'on cherchait à mesurer le débit d'extraction à l'endroit du ventilateur. Les fuites d'air en aval introduites par les conduits jusqu'à l'intérieur auraient réduit le débit d'extraction réel. La prise des mesures aux bouches d'évacuation aurait réglé ce problème, mais les effets du vent sur l'appareillage et leur emplacement malcommode (au niveau du sol, dans les soffites, etc.) ont rendu les essais impraticables. De toute façon, c'est le débit *du ventilateur lui-même* qui avait été mesuré en laboratoire.

2.3 Mesure de la puissance acoustique

Toutes les mesures acoustiques ont été réalisées par bandes de 1/3 d'octave à l'aide d'un analyseur acoustique Norwegian Electronics NE-830. Des données détaillées ont été emmagasinées sur disquette en vue d'une analyse ultérieure. Les résultats selon la pondération A ont été vérifiés tout au long du processus, à titre de contrôle de la qualité préliminaire, et toute mesure discutable a été répétée.

Un sonde d'intensité acoustique Norwegian Electronics, modèle 216, a servi à mesurer la puissance acoustique. L'intensité acoustique se détermine à partir d'une suite de mesures réparties sur une «surface» contenant la source. Une série de surfaces planes contenant la source sonore a été choisie pour chaque échantillon et leurs bords clairement marqués. Des bouts de ficelle attachés aux armoires à proximité ont servi à délimiter les surfaces dans le cas des hottes de cuisinière, et un support amovible a été utilisé pour les ventilateurs de salle de bains. Les hottes de cuisinière ont nécessité six surfaces de la sorte, tandis qu'il n'a fallu que trois ou quatre surfaces d'une simple boîte rectangulaire pour les ventilateurs de salle de bains (trois surfaces si le ventilateur se trouvait près d'un angle et quatre s'il était situé près d'un seul mur). On a déterminé l'intensité acoustique de chacune des surfaces planes en effectuant un balayage de 30 secondes à l'aide de la sonde d'intensité. Il s'agissait de déplacer la sonde de manière à recueillir un échantillon le plus uniforme possible de la surface totale. La

sonde a été orientée de façon à mesurer l'intensité perpendiculairement à la surface, et chaque passage a été répété en inversant la direction de la sonde (ce qui doit donner le même niveau d'intensité, mais avec une direction inversée). Si l'ampleur de l'intensité acoustique pondérée A des deux directions de la sonde ne concordait pas à 0,5 dB(A) près, la mesure était répétée. Dans la plupart des cas, la concordance a été obtenue à 0,2 dB(A) près ou mieux.

La puissance acoustique de chaque plan de mesure a été calculée à partir de l'intensité mesurée et de la surface. Ces puissances acoustiques partielles ont été combinées pour déterminer le niveau de puissance acoustique global.

Il n'existe encore aucune technique standard pour évaluer la précision ou la validité des mesures d'intensité acoustique recueillies par balayage. En outre, il est difficile d'obtenir des mesures d'intensité acoustique fiables dans un local réverbérant. Plusieurs précautions ont donc été prises pour maximiser les conditions de mesure et permettre l'évaluation subséquente de la qualité des mesures obtenues. Une série de cinq panneaux absorbants (chacun procurant une absorption d'environ 1 unité métrique Sabine) ont été placés près de la zone de mesure de l'intensité acoustique afin de réduire la réverbération sonore. On a aussi enregistré le niveau de pression acoustique équivalent à l'endroit de la sonde pour contrôler, après coup, l'indice de réactivité (différence entre le niveau de pression acoustique et le niveau d'intensité acoustique) en vue de déterminer s'il se situe dans des limites acceptables. La façon la plus fiable de vérifier la validité de mesures est de répéter celles-ci en inversant la sonde; c'est ce qui a été fait pour chacune des surfaces de mesure.

2.4 Mesures du niveau de pression acoustique

Les mesures du niveau de pression acoustique ont été prises par bandes de 1/3 d'octave à l'aide d'un analyseur Norwegian Electronics NE-830 équipé d'un microphone à condensateur de 13 mm de diamètre (B&K 4165 avec préamplificateur modèle 2619). La sensibilité du microphone a été vérifiée par un appareil d'étalonnage Bruel & Kjaer au début et à la fin des mesures effectuées sur chaque ventilateur pour garantir l'exactitude de l'étalonnage. Aucun changement significatif n'a été observé quant à l'étalonnage.

La mesure du niveau de pression acoustique visait à déterminer ce niveau par rapport à la distance de chacun des ventilateurs à l'essai. Ces mesures ont été réalisées dans trois directions, à des distances établies à 0,5, 0,7, 1,0, 1,4 et 2 mètres du centre de chaque ventilateur. Ces mesures permettent de connaître l'intensité sonore que les occupants de ces pièces percevraient lors du fonctionnement des ventilateurs.

Comme nous l'avons déjà mentionné, deux panneaux absorbants (fournissant environ 2 unités métriques Sabine d'absorption) ont été placés dans les pièces pour que les mesures s'apparentent à ce qui serait obtenu en présence d'un ameublement normal.

L'absorption acoustique dans chaque pièce (incluant les deux panneaux ajoutés) a été déterminée à partir des taux de décroissance du son mesurés à l'aide de l'analyseur NE-830 et du système amplificateur et enceinte acoustique Tracoustics NS-100 en guise de source sonore. Les mesures de décroissance ont

été réalisées à trois emplacements ou plus dans chaque pièce. Pour chaque emplacement, on a obtenu une moyenne de décroissance d'ensemble de 4.

3. Résultats des mesures de débit d'air

Les résultats des mesures de débit d'air figurent au Tableau 1. Les trois ventilateurs de salle de bains fournissaient un débit très constant d'à peu près 30 L/s. Par contre, le débit des hottes de cuisinière variait de 42 à 78 L/s.

Les résultats correspondants obtenus en laboratoire se chiffraient à environ 48 L/s et 91 L/s respectivement. Les débits ont été mesurés conformément à la CSA C260 à une pression statique de 25 Pa. Bien que les résultats d'essais en service soient peu nombreux, les débits constamment faibles relevés suggèrent qu'une estimation plus réaliste du débit d'air des ventilateurs en service pourrait être obtenue à une pression statique de 50 à 75 Pa. La résistance élevée au débit est causée par l'utilisation de conduits flexibles, de coudes, de longs parcours, etc. dans les installations. La hotte de cuisinière n° 3 offrait un débit réduit parce que le capuchon en tôle du conduit d'extraction placé à l'extérieur de la maison était fortement endommagé et empêchait le registre anti-refoulement d'ouvrir complètement lorsque le ventilateur fonctionnait.

4. Résultats de la puissance acoustique

Les résultats détaillés des essais de puissance acoustique menés sur chaque ventilateur sont consignés dans l'Annexe en compagnie des données de laboratoire correspondantes obtenues conformément à la norme CSA C260.

Peu d'écart existait entre les données de laboratoire et les données d'essais en service. Les niveaux de puissance acoustique des hottes de cuisinière étaient légèrement plus élevés en service qu'en laboratoire, tandis que ceux des ventilateurs de salle de bains étaient plus faibles en service. L'écart moyen de la puissance acoustique pondérée A était de 1,4 dB.

Les mesures prises étaient insuffisantes pour permettre une évaluation statistique significative de la précision des données relativement à la puissance acoustique en service. Cependant, le fait de répéter les mesures d'intensité en inversant la direction de la sonde nous a quand même fourni une indication approximative. Pour les bandes de fréquence s'étendant de 250 Hz à 2 500 Hz (lesquelles dominent la puissance acoustique pondérée A), les résultats d'intensité concordaient généralement à 0,5 dB près ou mieux, et l'indice de réactivité était acceptable (moins de 10 dB). À des fréquences variant entre 100 et 200 Hz et supérieures à 2 500 Hz, les variations d'intensité de 0,5 à 1 dB étaient fréquentes, ce qui nous permet de croire qu'il serait possible de reproduire le niveau global de la puissance acoustique pondérée A d'environ 1 dB. En outre, ces mesures pourraient donner lieu à une erreur systématique, tel qu'indiqué ci-dessous.

Même si les différences observées entre les résultats des essais en laboratoire et en service étaient généralement comparables à l'incertitude expérimentale combinée, certaines d'entre elles ont été considérées comme suffisamment constantes ou évidentes pour justifier une analyse. Certaines tendances constantes sont manifestes dans le cas des ventilateurs de salle de

bains. À titre d'exemple, les résultats des essais de puissance acoustique menés en laboratoire et en service pour le ventilateur de salle de bains n° 3 sont illustrés à la Figure 2.

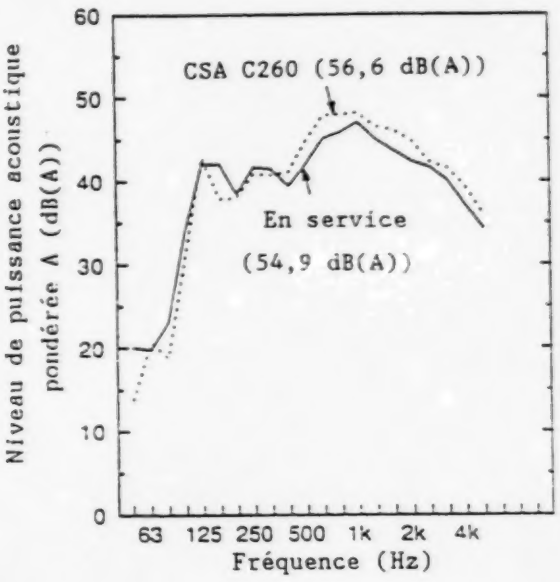


Figure 2. Résultats des essais en laboratoire et en service de la puissance acoustique du ventilateur de salle de bains n° 3.

Les deux courbes de la Figure 2 sont très similaires. À des fréquences supérieures à 400 Hz, la puissance acoustique en service est plus faible que ce qui a été relevé en laboratoire. Une tendance analogue a été observée pour tous les ventilateurs de salle de bains. La constance de cette tendance dans une bande de fréquence pour laquelle la précision de la mesure serait la meilleure présage un effet systématique. Voilà pourquoi la puissance acoustique pondérée A est plus faible pour les ventilateurs de salle de bains testés en service.

Une telle réduction indique probablement une différence dans le fonctionnement des ventilateurs ou une différence systématique entre les deux séries de mesures.

Malheureusement, la vitesse des ventilateurs et la tension électrique n'ont pas été mesurées lors des essais en service. Néanmoins, une vérification de tension à l'occasion d'une visite subséquente a corroboré les résultats des essais en laboratoire (120 V) à l'intérieur de la précision de la mesure. Le plus faible débit d'air observé au moment des essais en service laisse entrevoir une pression statique plus élevée dans les installations en service. En revanche, cela aurait tendance à accroitre la vitesse des ventilateurs et, par le fait même, l'émission de puissance acoustique (comme en témoigne la Figure 10 du rapport CR.5899.1). Il n'existe donc pas de preuve directe d'un changement dans les conditions de fonctionnement qui pourrait expliquer la la

réduction de l'émission de puissance acoustique des ventilateurs de salle de bains.

Une erreur systématique dans les mesures de la puissance acoustique réalisées en service par intensité acoustique constitue l'explication la plus plausible. La sensibilité d'une sonde d'intensité acoustique varie selon la fréquence et la directionnalité du champ sonore. Une comparaison attentive des mesures de puissance acoustique, avec une petite source dans l'enceinte de réverbération de l'IRC, par rapport aux mesures d'intensité acoustique prises avec quelques sondes d'intensité dans la chambre anéchoïque de l'IRC, permet d'observer une légère diminution de la sensibilité de la sonde d'intensité acoustique Norwegian Electronics 216 au-dessus de 1 kHz. L'effet obtenu s'apparentait énormément à la différence enregistrée entre les résultats des essais de puissance acoustique menés en laboratoire et en service à l'égard de ces ventilateurs. En milieu idéal, c'est-à-dire dans une chambre anéchoïque permettant la propagation d'ondes presque planes, il est possible de calculer l'écart théorique de la sensibilité uniforme. Ce n'est cependant pas réalisable dans le cas des salles de bains et des cuisines. Les résultats doivent donc être perçus comme une simple indication des limites caractéristiques de la technique de l'intensité acoustique.

En ce qui concerne les hottes de cuisinière, l'émission globale de puissance acoustique a plus d'ampleur dans les mesures prises en service. Le changement peut être attribuable à une installation différente. En effet, les ventilateurs testés en laboratoire étaient disposés de manière à assurer l'extraction verticale, tandis que ceux évalués en service favorisaient l'extraction horizontale. Le fabricant cote les ventilateurs à extraction verticale à 5,5 sones, et les ventilateurs à extraction horizontale à 6,0 sones. Il faut donc s'attendre à une augmentation de 1 à 2 dB pour le niveau pondéré A.

La Figure 3 illustre les données relatives à la hotte de cuisinière n° 5. Les résultats de puissance acoustique obtenus, variant entre 500 Hz et 2 kHz, n'affichent pas de changement uniforme pour ce qui est des essais en laboratoire et des essais en service. L'augmentation de la puissance acoustique globale obtenue lors des essais en service provenait principalement d'une forte tonalité de 125 Hz relevée pour les hottes de cuisinière nos 4 et 5.

Les résultats des essais en laboratoire ne rendent compte d'aucune totalité appréciable (comme pour l'essai en service de la hotte de cuisinière n° 3), de sorte qu'il est difficile d'expliquer les tonalités qui ont été perçues lors des essais en service. Signalons toutefois que ces ventilateurs sont tombés en panne après quelques semaines d'utilisation. Les tonalités présageaient probablement un problème quelconque.

En dépit des différences spécifiques abordées ci-dessus, il serait presque impossible de détecter un changement de sonie attribuable à la différence de 1,5 dB entre les résultats recueillis en laboratoire et ceux obtenus en service quant à la puissance acoustique globale pondérée A. La concordance entre les observations en laboratoire et la tenue en service est à toutes fins utiles largement suffisante.

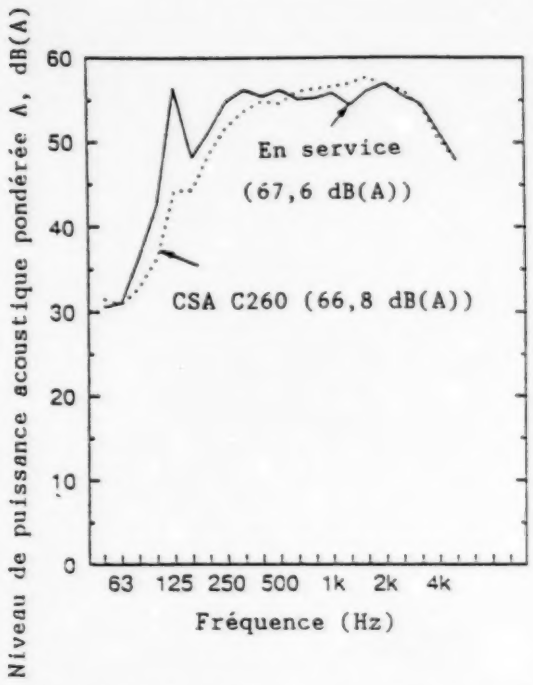


Figure 3. Résultats des essais en laboratoire et en service de la puissance acoustique de la hotte de cuisinière n° 5.

5. Niveau de pression acoustique contre puissance acoustique

La puissance acoustique (tout comme la puissance en watts d'une ampoule électrique) a trait à la propriété d'une source plutôt qu'à l'intensité observée lorsque la source est placée dans une pièce. C'est le niveau de pression acoustique dans la pièce résultant de cette présence qui influe sur l'évaluation, par un observateur, de la sonie (comme l'observateur évaluerait la clarté d'une pièce éclairée par une ampoule). Cette évaluation est fonction non seulement de la source, mais aussi de l'endroit où se trouve l'observateur ainsi que des caractéristiques de la pièce. Plus le local est grand et que ses surfaces et son ameublement absorbent des ondes sonores, plus le niveau de pression acoustique sera bas.

Dans cette étude, les mesures du niveau de pression acoustique ont été réalisées en vue d'établir le lien entre la puissance acoustique et le niveau de pression acoustique dans une salle de bains et une cuisine types. La Figure 4 illustre le niveau de pression acoustique pondérée A par rapport avec le niveau de puissance acoustique pour chacun des ventilateurs mis à l'essai.

Les résultats révèlent des différences substantielles, mais certaines tendances sont évidentes :

- pour tous les ventilateurs, le niveau de pression acoustique diminue à mesure qu'augmente la distance avec le ventilateur; la sonie perçue dépend donc de la distance type par rapport à la source soumise à une utilisation normale;

- les écarts parmi les résultats obtenus pour les six ventilateurs sont fortement reliés aux caractéristiques des locaux. Ainsi, le niveau de pression acoustique le plus élevé a été relevé dans la plus petite pièce

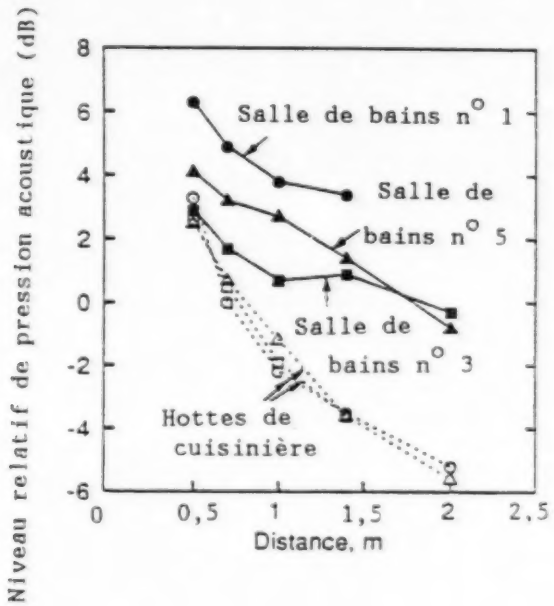


Figure 4 : Niveau de pression acoustique pondérée A par rapport au niveau de puissance acoustique pour les ventilateurs mis à l'essai dans cette étude.

(une toute petite salle de toilette d'environ 1,5 m² de surface de plancher) et le niveau de pression acoustique le plus bas a été observé dans les grandes pièces (à savoir les trois cuisines de 15 m² de surface chacune). Cette tendance peut s'expliquer par l'effet d'absorption acoustique de ces pièces.

5.1 Prévision par la théorie du champ diffus

Le niveau de pression acoustique peut être assez bien prévu si l'on connaît l'absorption acoustique et l'emplacement de la source sonore dans le local. La Figure 5 montre le niveau de pression acoustique mesuré pour le ventilateur de salle de bains n° 1 (par rapport à la puissance acoustique en service) ainsi que la pression acoustique prévue au moyen de plusieurs calculs.

La théorie traditionnelle du champ diffus prévoit que le niveau de pression acoustique à l'intérieur d'une salle réverbérante surpassera le niveau correspondant de puissance acoustique de :

$$10 \log [Q/4\pi r^2 + 4/R] \qquad (1)$$

où :
Q est le facteur de directivité de la source,
r est la distance de la source, en mètres, et
R est le «facteur pièce», qui est environ égal aux propriétés absorbantes de la pièce, en unités métriques Sabine.

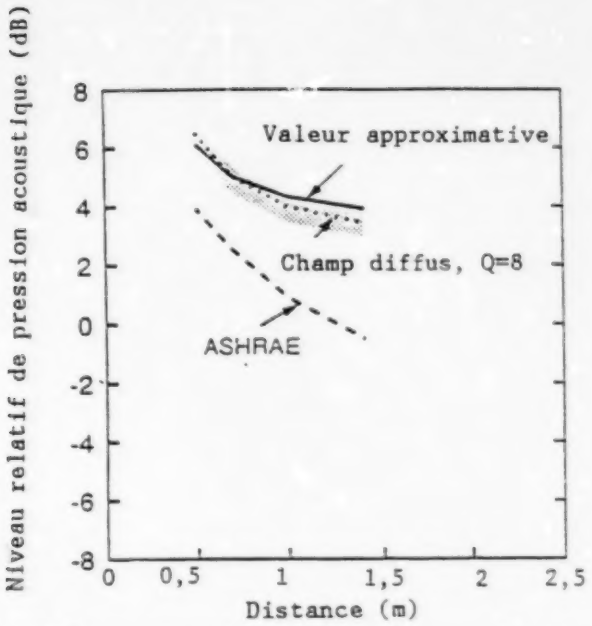


Figure 5 : Niveau mesuré et prévu de pression acoustique pondérée A par rapport au niveau de puissance acoustique pour le ventilateur d'extraction n° 1 installé au plafond. La zone grise indique la portée des valeurs mesurées. Les courbes désignées donnent des résultats issus de trois méthodes de prévision.

Le facteur de directivité de la source, Q, peut dépendre de la source précise de façons plutôt compliquées, mais, pour les sources simples, il est principalement déterminé par la quantité de son se reflétant sur les surfaces adjacentes à la source. Dans le cas d'un ventilateur situé près de la jonction d'un mur et du plafond (deux surfaces), Q équivaut environ à 2^2, soit 4. Pour une source placée près d'un coin (trois surfaces), Q correspond à environ 2^3, soit 8.

En attribuant à R une valeur approximative équivalant aux propriétés absorbantes de la pièce, le terme 4/R peut être calculé à partir du taux de décroissance acoustique mesuré dans chaque pièce selon l'expression traditionnelle de Sabine, à savoir :

$$\text{Absorption (unités métriques Sabine)} = 0{,}161\ V/T_{60} \qquad (2)$$

où :

V est le volume de la pièce, en m^3, et
T_{60} le temps de réverbération, en secondes.

Pour le cas illustré à la Figure 5 (un ventilateur d'extraction de salle de bains installé dans le coin de la pièce), Q égale 8 et l'absorption moyenne mesurée est de 2 unités métriques Sabine. La ligne pointillée portant la mention «Champ diffus, Q=8» représente le niveau de pression acoustique prévu au moyen de ces valeurs dans les équations 1 et 2. La correspondance avec la prévision obtenue au moyen du champ diffus est excellente dans ce cas et très bonne pour les autres ventilateurs de salle de bains (comme le montrent les graphiques ci-annexés).
La Figure 6 illustre le niveau de pression acoustique relatif mesuré ainsi que les prévisions faites pour une hotte de cuisinière. Il est plus difficile d'effectuer des prévisions pour ce genre de ventilateur, car le fait que les

cuisines communiquent avec les pièces contiguës augmente le volume réel du local (V dans l'équation 2). De plus, la géométrie complexe des armoires à proximité de la hotte rend le choix d'une valeur Q appropriée plutôt arbitraire. Le mur derrière le ventilateur et l'effet produit par le capot de la hotte font en sorte que Q est plus grand que 4, mais les armoires sont partiellement ouvertes. À titre de compromis, nous avons décidé que Q égalerait 6. Les courbes ont été calculées de manière à ce que V soit égal au volume de la pièce ou à deux fois le volume de la pièce; cette dernière valeur permet d'obtenir une meilleure concordance avec les valeurs mesurées.

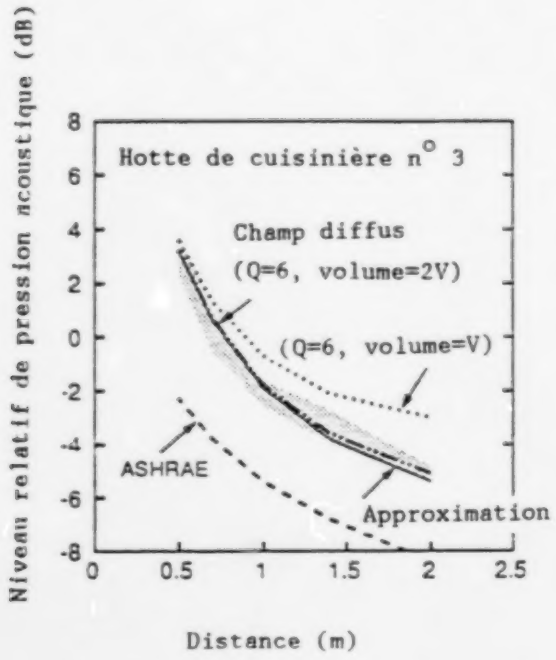


Figure 6 : Niveau mesuré et prévu de la pression acoustique pondérée A par rapport au niveau de puissance acoustique de la hotte de cuisinière n° 3. La zone grise indique la gamme des valeurs mesurées. Les courbes désignées donnent les résultats obtenus selon trois méthodes de prévision.

Évidemment, la prévision peut être rajustée pour correspondre aux résultats obtenus, et on peut avancer des arguments justifiant les valeurs choisies pour Q et V. Cependant, le calcul doit bien mettre en application les expressions, expressions que certains pourraient ironiquement qualifier d'outils arbitraires permettant d'obtenir les réponses souhaitées. Les résultats réels s'écartent sensiblement des prévisions, comme l'indiquent en Annexe certaines données moins qu'idéales. Selon toute vraisemblance, les écarts sont survenus à cause de l'effet ponctuel des réflexions des ondes sonores en provenance des surfaces des locaux. Des effets différents, mais d'intensité similaire, peuvent être anticipés dans les autres pièces. La grande similitude des résultats obtenus pour les hottes de cuisinière découle probablement de la

présence de surfaces réfléchissantes presque identiques (armoires) et des dimensions similaires des trois cuisines.

5.2 Prévision de l'ASHRAE

Les Figures 5 et 6 présentent chacune une ligne pointillée portant la mention «ASHRAE», laquelle a été calculée d'après l'équation 15 du chapitre 32 du manuel de l'ASHRAE (Systems Handbook). Cette expression est censée prévoir le niveau de pression acoustique engendré, dans des bureaux ordinaires, par la puissance sonore émanant d'une bouche de conduit de ventilation. Cette courbe a été obtenue grâce à une analyse de régression des mesures réalisées à des distances supérieures à 1 m des sources sonores dans des locaux assortis d'ameublements courants.

L'expression de l'ASHRAE prévoit que la pression acoustique dans un local dépassera la puissance acoustique correspondante par :

$$- 5 \log(V) - 3 \log(f) - 10 \log(r) + 12 \qquad (3)$$

où :

V représente le volume de la pièce en m^2;

f est la fréquence centrale de la bande d'octave, en Hz; et

r est la distance de la source, en m.

Aux fins de cette étude, f a été évaluée à 1 000 Hz, au milieu de la gamme de fréquence dominant la puissance acoustique.

L'expression de l'ASHRAE prévoit clairement des niveaux de pression acoustique mois élevés que ceux qui ont été relevés, comme le démontrent les Figures 5 et 6 et les graphiques correspondants, ci-annexés, concernant les autres ventilateurs. Cet écart n'est pas étonnant, car la directionnalité de la source et les conditions d'absorption des pièces dans cette étude diffèrent considérablement des cas qui ont servi à l'ASHRAE pour établir ses expressions.

5.3 Prévision approximative à partir du champ diffus

Une méthode beaucoup plus simple (quoique légèrement arbitraire) consiste à appliquer l'équation 1 à tous les ventilateurs en la dotant de paramètres communs.

Dans tous les cas, la valeur de Q se situait entre 4 et 8; donc, l'utilisation de 6 constitue un compromis raisonnable. En supposant que le facteur pièce R est égal à la surface de plancher de la pièce (en m^2), on a obtenu une concordance fort acceptable pour toutes les données. Cette façon de faire peut sembler surestimer les propriétés absorbantes réelles des cuisines et des salles de bains meublées normalement, puisque ces pièces présentent habituellement des surfaces dures qui s'apparentent peu aux moquettes et aux

meubles capitonnés que l'on trouve habituellement dans les salons. Néanmoins, il faut compenser l'énergie sonore qui passe par les portes ouvertes ou les arcades. Bien que les paramètres particuliers ne puissent être justifiés rigoureusement dans un cas précis ou un autre, ils fournissent tout de même une estimation qualitative raisonnable.

Les résultats de cette prévision prennent la forme de courbes désignées par le terme «Approximation» dans les Figures 5 et 6 et dans les autres figures correspondant aux autres ventilateurs de l'Annexe B. Dans tous les cas, ces courbes d'approximation concordent bien avec les niveaux de pression acoustique observés pour chaque pièce.

Nous avons donc établi une méthode relativement simple et précise pour prévoir le niveau sonore que les occupants auraient à subir de la part de ventilateurs résidentiels courants. Il s'agit simplement de connaître le niveau de puissance acoustique pondérée A du ventilateur (que l'on peut tirer des essais de conformité à la norme CSA C260) ainsi que les dimensions de la pièce. Cette méthode pourrait être annexée à la CSA C260 à l'occasion de sa prochaine révision.

6. Sommaire

Dans l'ensemble, la puissance acoustique mesurée pour les ventilateurs en service correspondait très fidèlement aux résultats obtenus en laboratoire. Les écarts pouvaient être attribués à l'installation des ventilateurs ou à la façon dont les mesures avaient été prises, mais ne relevaient aucunement de l'incertitude expérimentale.

La relation entre le niveau de puissance acoustique et le niveau de pression acoustique qui en résultait dans les pièces s'explique facilement par la simple théorie. Une version approximative de l'expression du champ diffus peut prévoir assez précisément le niveau de pression acoustique des cuisines et des salles de bains.

Sur le plan de la conception, cette méthode pourrait servir à choisir des ventilateurs tout indiqués. Il s'agirait de fournir aux occupants des critères leur permettant de déterminer l'acceptabilité du bruit causé par l'appareil. À notre connaissance, aucune étude sociale sérieuse n'a encore été effectuée en vue d'établir de tels critères. Il faudrait évidemment approfondir la question.

En tout et partout, nous croyons avoir défini une approche technique très satisfaisante, en dépit de l'échantillon restreint de cette étude, pour la conception ou la réglementation des ventilateurs résidentiels quant au bruit qu'ils produisent.

Notons que les mesures et la description des débits d'air figurant dans ce rapport sont le travail de M. Don Fugler de la Société canadienne d'hypothèques et de logement. Nous désirons également souligner la précieuse collaboration de M. Roger Brazeau des Maisons Enertek.